



DOCTORAT DE  
L'UNIVERSITE DE LILLE 1



Ecole Doctorale : SPI

Discipline : Micro et Nano Technologies,  
Acoustique et Télécommunications

Nom du candidat : Mohamed-Moez BELHAJ

JURY

**Président de Jury**

**Directeur de Thèse**

**H. HAPPY** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

**Rapporteurs**

**D. BAILLARGEAT** Professeur à l'Université de Limoges

**G. PRIGENT** Maître de Conférences HDR à l'INP, Toulouse

**Membres**

**A. BENLARBI DELAI** Professeur à l'Université de Paris 6

**T. LASRI** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

**G. DUCOURNAU** Maître de Conférences HDR à l'Université de Lille1, IEMN

TITRE DE LA THESE

**Conception et caractérisation des dispositifs micro-ondes  
pour la fabrication de circuits à base de graphène**



**Design and characterization of microwave devices for  
manufacturing based graphene circuits**

RESUME

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet GRACY regroupant l'IEMN et d'autres laboratoires de recherche : CALISTO et IMS Bordeaux. Ce manuscrit fait état d'une synthèse exhaustive des études et avancées menées dans le cadre de ce travail de thèse au sein de l'Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) dans le groupe CARBON. Le principal axe de réflexion de ce travail repose sur la conception, la modélisation et la caractérisation des dispositifs actifs et passifs sur substrat souples et rigides en vue du développement de nouveaux composants et de circuits électroniques avec des critères de performances de plus en plus importants. Au cours de ce travail, l'accent a été principalement porté sur les étapes essentielles à la réalisation de circuit intégré en ondes millimétriques utilisant la technologie coplanaire en impression jet d'encre et les transistors à effet de champ à base de graphène (GFETs). Ce mémoire montre en particulier l'intérêt et les potentialités du graphène pour son intégration au sein des circuits électroniques. De plus, une attention particulière a été portée sur la modélisation et les techniques de caractérisations relatives aux dispositifs passifs sur substrat souple. Par conséquent, un banc de caractérisation de ces éléments sur substrat flexibles a été développé au cours de cette thèse afin de vérifier et consolider expérimentalement leurs comportements.

**Mots clés :** Caractérisation hyperfréquence, Graphène, Conception, Modélisation, Extraction, Transistor à effet de champ, GFET, GNRFET, Calibrage, VNA, épiluchage, CPW, coplanaire.

This work was carried out under the project involving GRACY IEMN and other research laboratories: CALISTO and IMS Bordeaux. This manuscript reports a comprehensive overview of studies and advanced conducted as part of this thesis in the Institute of Electronics, Microelectronics and Nanotechnology (IEMN) in CARBON group. The main reflection axis of this work is based on the design, modeling and characterization of active and passive devices on flexible and rigid substrateS for the development of new components and electronic circuits with increasingly important performance criteria. During this work, the focus was mainly focused on the essential steps to achieving integrated circuit millimeter wave using coplanar technology by inkjet printing and field effect transistors based on graphene (GFETs). This memory in particular shows the importance and potential of graphene for integration into electronic circuits. In addition, special attention was paid on modeling and characterization techniques related to passive devices on flexible substrates. Therefore, a characterization bench of these elements on flexible substrate has been developed during this thesis to verify and consolidate their behavior experimentally.

**Key words:** High-frequency characterization, Graphene, Design, Modeling, extraction, Nanoribbons, Field-Effect transistor, GFET, GNRFET, Calibration, VNA, De-embedding, CPW, Coplanar.

**Soutenance prévue le 21 juin 2016 à 10h00  
Amphi du LCI**